

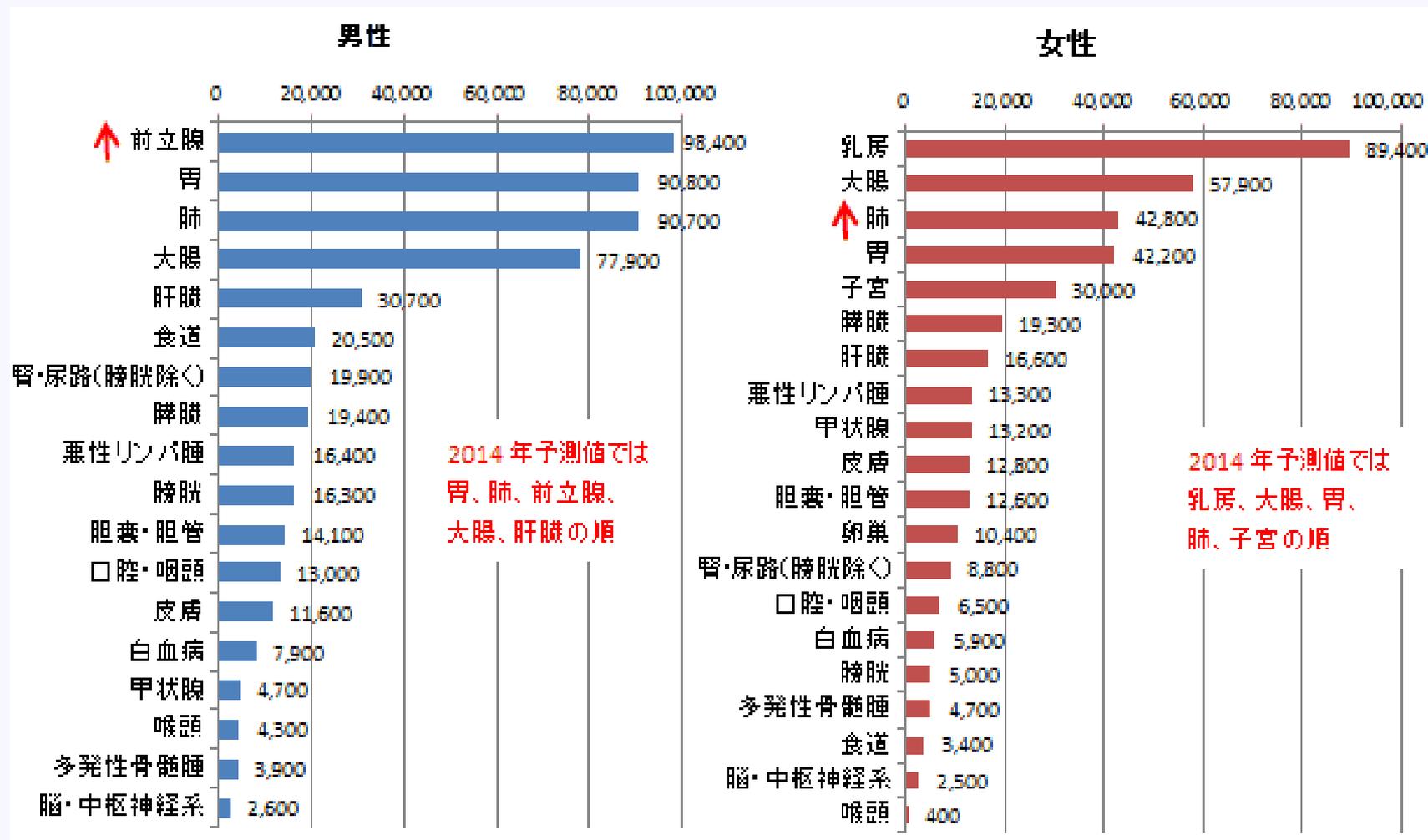
MRIの画像所見から 見た骨転移

石心会 川崎幸病院 放射線科
中 孝文

本日の内容

- ✓ 骨転移の基礎知識
- ✓ MRIにおける骨転移診断
- ✓ 他モダリティとの比較

悪性新生物罹患率



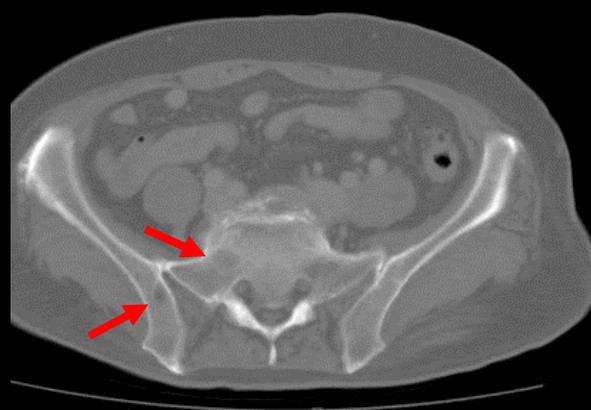
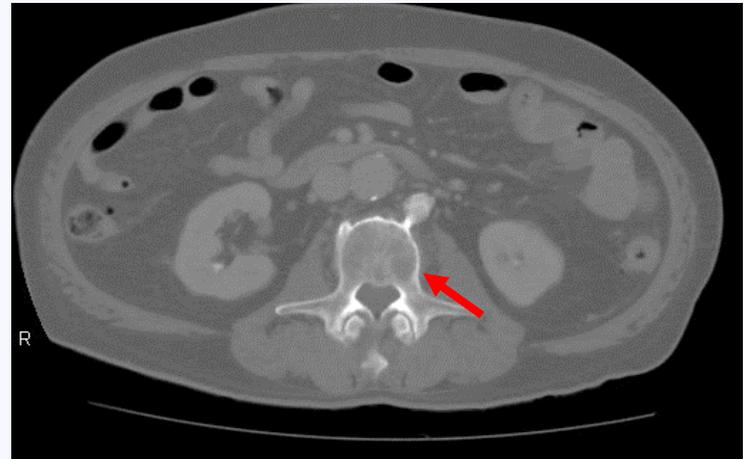
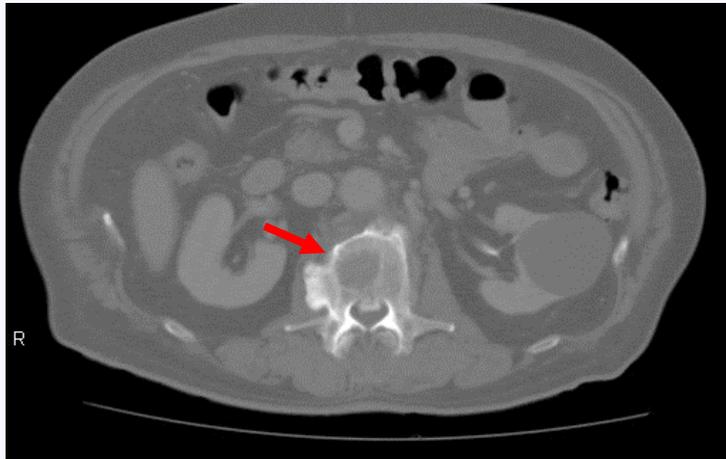
骨転移の特徴

- ✓ 骨悪性腫瘍の約70%を占める
- ✓ 乳癌・前立腺癌・肺癌は骨転移の頻度が高い
- ✓ 骨転移巣が初発病変として発症することがあり、腎癌・甲状腺癌・肝細胞癌で認められる。
- ✓ 乳癌や腎癌では原発巣の治療後10～15年以上経過して骨転移が生じることがある
(骨転移発生率が低下しない)
- ✓ 骨転移は一般的に多発性だが、稀に腎癌や甲状腺癌では単発性の骨転移を認める

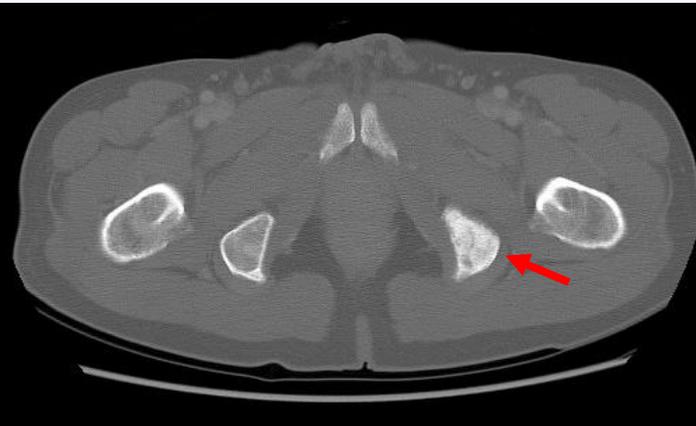
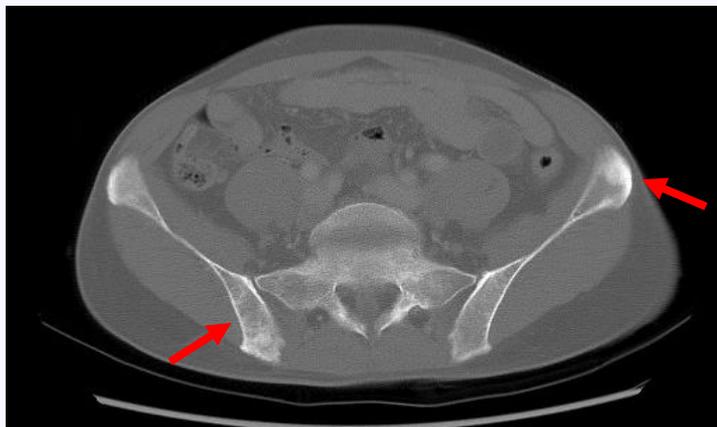
骨転移の病理分類

- ✓ **造骨型** (15%): 前立腺癌, 乳癌
 - ✓ **溶骨型** (75%): 甲状腺癌, 肺癌
 - ✓ **混合型** (10%): 肺癌, 乳癌
 - ✓ **骨梁間型**※: 肺小細胞癌, 肝癌, 乳癌, 腎癌
- } 臨床分類

溶骨型骨轉移 (HCC)



造骨型骨轉移 (P-Ca)



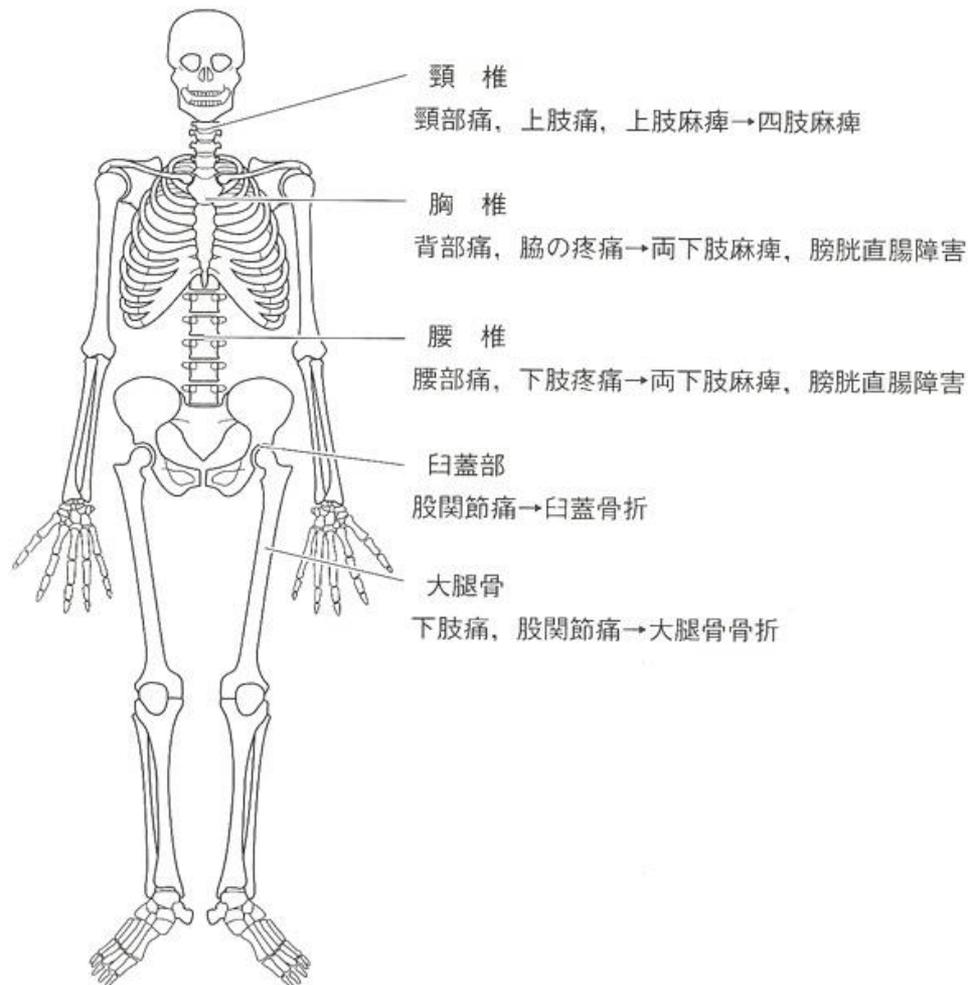
好発部位

肺癌骨転移の部位

(n = 87)

(Fox Chase Cancer Center)

| 部位 | 発現例数(%) |
|-----|------------|
| 胸椎 | 45 (51.7%) |
| 腰椎 | 40 (46.0%) |
| 肋骨 | 39 (44.8%) |
| 腸骨 | 22 (25.2%) |
| 大腿骨 | 20 (23.0%) |
| 頸椎 | 16 (18.4%) |
| 頭蓋骨 | 11 (12.6%) |
| 上腕骨 | 10 (11.5%) |
| 肩甲骨 | 7 (8.1%) |
| 胸骨 | 5 (5.8%) |
| 鎖骨 | 5 (5.8%) |



Kosteva and Langer: Lung Cancer
/Updates 4(2),1-10, 2004

骨転移は赤色髄に富む骨に生じやすく, 赤色髄の乏しい末梢骨への転移は稀.

骨転移の機序

- ✓ 直接浸潤
- ✓ リンパ行性
- ✓ 血行性

血行性転移

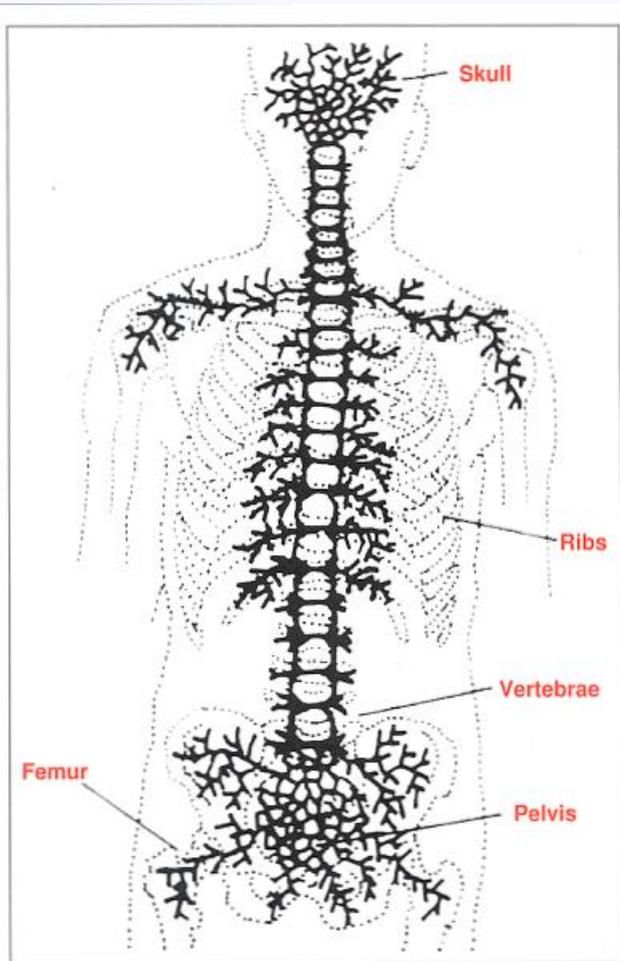


Figure 1: Batson's Plexus and Paravertebral Venous Connections—Diagram demonstrating Batson's plexus and paravertebral venous connections between the prostate and the spine.

- ✓ 硬膜外脊椎静脈であるBatson静脈叢が重要な役割を果たしている
- ✓ 弁構造を持たずvenous lakeのように静脈血を貯留している
- ✓ Batson静脈叢は胸部, 腹部, 骨盤, 四肢の静脈系交通を有し, 血流も双方向性であるため, 悪性腫瘍の骨転移における重要な経路となっている
- ✓ 前立腺静脈叢は下大静脈を介さずに脊椎静脈叢と直接交通しているため, 前立腺癌では早期に広範な脊椎転移が生じる

本日の内容

- ✓ 骨転移の基礎知識
- ✓ MRIにおける骨転移診断
- ✓ 他モダリティとの比較

撮像方法

表 1 骨転移の画像パターンと特徴

| パターン | 例 | X線, CTの特徴 | MRIの特徴 | | | | 骨シンチグラフィ | FDG-PET/CT | NaF-PET/CT |
|------|-------------------------------|--|--------|------------|-----------|-------------|----------|------------|------------|
| | | | T1強調 | T2強調 | 造影T1強調 | 拡散強調 | | | |
| 溶骨型 | 肺がん 頭頸部がん 腎がん 甲状腺がん | 増殖速度の速いがんでは特徴的。増殖速度の遅いがんでは溶骨病変部の辺縁に骨硬化があり、全体に膨隆性形態を示す。 | 低信号 | 高信号 | 増強 | 異常信号 | 集積あり | 高集積 | 高集積 |
| 造骨型 | 前立腺がん 乳がん 消化器がん 卵巣がん | リモデリングによる造骨が盛んで、がん細胞は骨中に埋没するように存在する。造骨は線維化骨で病的骨折や骨外腫瘍を伴うことは少ない。 | 低信号 | 低信号 | 不明瞭 | 不明瞭 | 高集積 | 低集積 | 高集積 |
| 骨梁間型 | 肺小細胞がん など | 骨梁の変化を伴わずに、海面質内や洞内にがん細胞の浸潤がみられる。微小転移、局所反応を伴わない全身転移例も骨梁間型に分類しうる。形態変化に乏しい。 | 等～低信号 | 等信号 | 等信号 | 等信号 | 不明瞭 | 集積あり | 集積あり |
| 混合型 | 肺がん 消化器がん など多数 | びまん性骨転移をきたした場合の典型。病変ごとにリモデリングの程度や増殖速度に違いがあるため生じる。治療開始後であれば、反応性の良し悪しで混合性パターンを呈する。 | 低信号 | 部分的 高信号 | 部分的 増強 | 部分的 異常信号 | 集積あり | 部分的 高集積 | 高集積 |

WBMの評価

骨転移診療ガイドライン

編集 日本臨床腫瘍学会



協力学会 日本整形外科学会
日本泌尿器科学会
日本放射線腫瘍学会

Bone Metastasis

南江堂

^{18}F -FDG-PET (PET/CT を含む) は骨シンチグラフィーと比較して高い感度と特異度で検出可能であることを報告した研究が多い。 ^{18}F -FDG-PET の 19 論文と PET/CT の 7 論文を含めたメタ解析では、感度 90%、特異度 97% であった⁶¹⁾。ただし、これらの報告ではがん腫全体の骨転移に関する検討は少なく、乳がん、肺がん、前立腺がんの高リスク患者を対象にした検討が多い。したがって、少なくとも高リスクの症例を対象とした骨転移診断に ^{18}F -FDG-PET/CT を用いることが推奨される。特に乳がんにおいては The National Comprehensive Cancer Network (NCCN) ガイドラインで局所進行乳がん、病期Ⅲ期以上、他の画像検査にて転移の有無が不明確な症例について ^{18}F -FDG-PET/CT を推奨している⁶⁷⁾。また、 ^{18}F -FDG-PET は骨シンチグラフィーと比較して溶骨性転移で正診度が高く、造骨性転移で低いと報告されているが、CT 情報の追加により造骨性転移の骨硬化病変を検出しやすく成績が向上するとされている⁶⁸⁾。

MRI は機器の進歩により体幹部全身撮影が可能な装置も誕生している。MRI は骨転移局所の診断だけではなく全身検索目的にも使用されている。MRI は骨シンチグラフィーと比較して高い感度と特異度で骨転移を検出可能である⁶⁶⁾。 ^{18}F -FDG-PET/CT と比較した場合は、局所型あるいは全身型 MRI や撮像方法によって報告にばらつきがみられるが、全身型ではほぼ同等の検査精度である⁶¹⁾。ただし、MRI は被曝がない利点を有する。局所型、全身型、造影/非造影、拡散強調画像併用/非併用を含めた 15 論文のメタ解析では、感度 91%、特異度 95% であった⁶⁶⁾。また、全身型 MRI のみの 11 論文のメタ解析では、感度 90%、特異度 92% であり、拡散強調画像を併用すると特異度は 96% に向上した⁶⁹⁾。したがって、少なくとも拡散強調画像を併用した全身型 MRI を用いることが推奨される。ただし、全身型 MRI は現状では一部の装置でしか撮影できない。画像検査上の特殊な腫瘍型として、甲状腺がんでは骨シンチグラフィーと比較して ^{131}I -SPECT あるいは ^{18}F -FDG-PET/CT が高正診度を示す⁶⁹⁾。褐色細胞腫・傍神経節腫、あるいは神経芽細胞腫では、骨シンチグラフィーと比較して ^{123}I meta-iodo-benzyl-guanidine (^{123}I -MIBG) SPECT、 ^{18}F -FDG-PET (PET/CT を含む) が高正診度を示す^{70,71)}と報告されているが、推奨するに十分な科学的根拠に乏しい。

全身型MRI=: DWIBSを主体としたWhole Body MRI

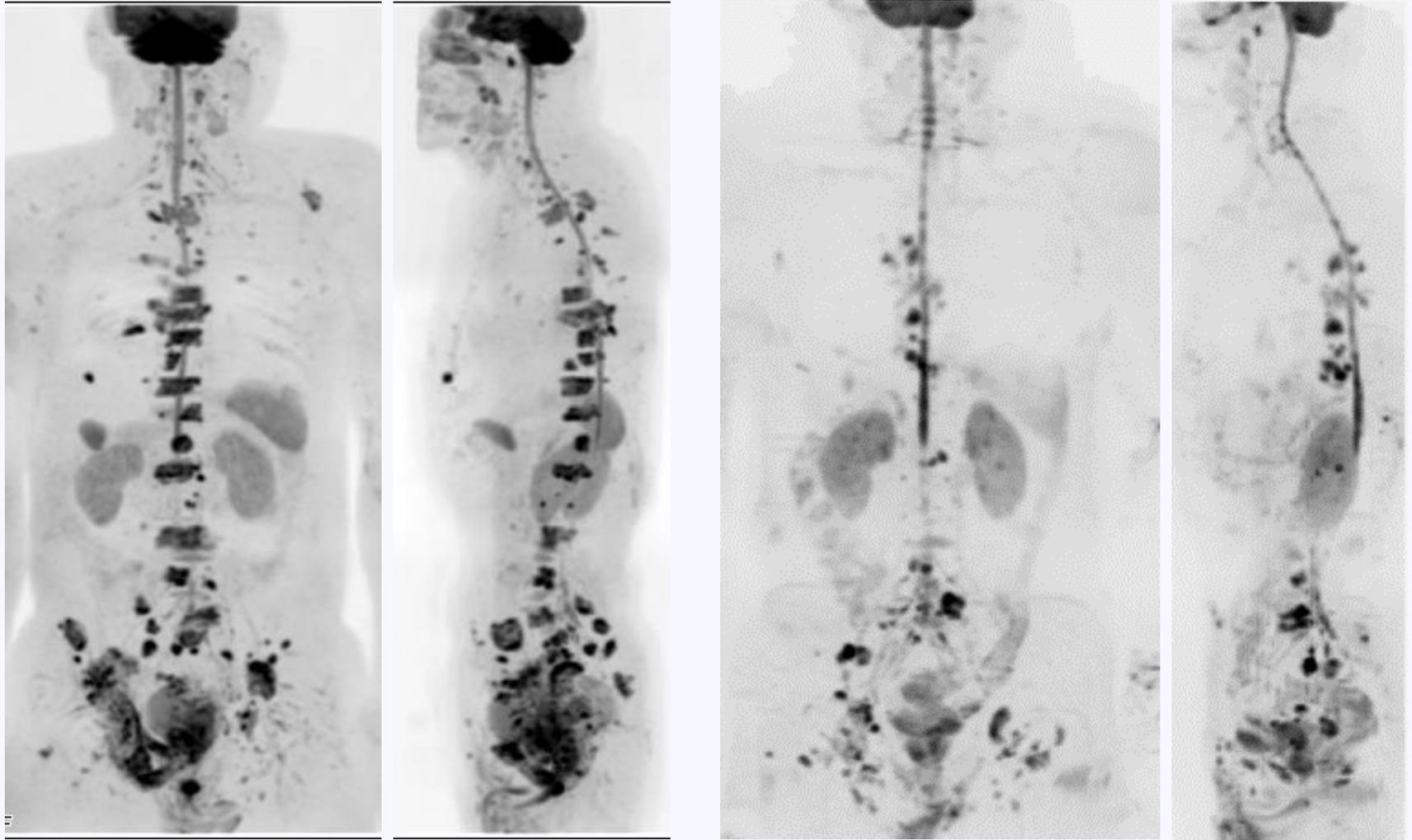
DWIBS

- Diffusion weighted whole body imaging with background body signal suppression の略.
- 2004年に高原らにより考案された撮像技術.
- DWIによる ^{18}F FDG-PETのような全身撮像.
- 自由呼吸下にてSTIRを併用したDWI.

DWIBSの役割

- ✓ スクリーニング
- ✓ 転移巣検索
- ✓ 原発不明癌
- ✓ 治療効果判定
- ✓ 不明熱
- ✓ 予期せぬ病変の追加撮像

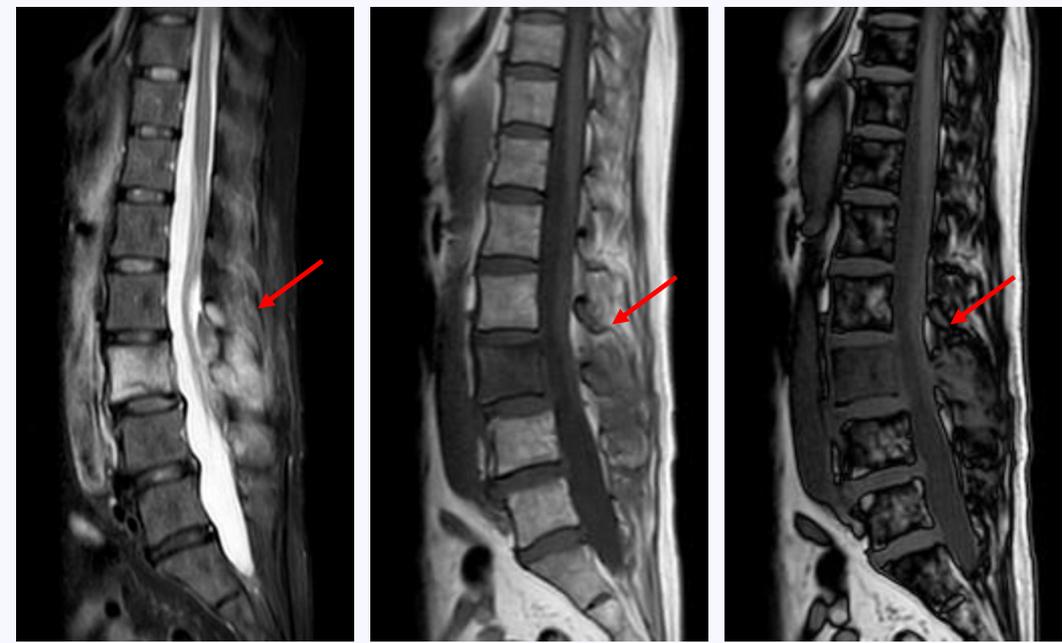
卵巢癌多発転移治療効果判定



治療前

治療後

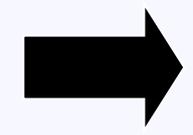
椎間板ヘルニア疑い



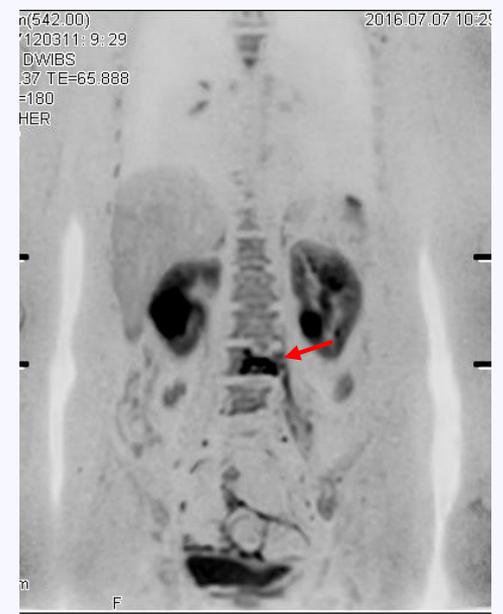
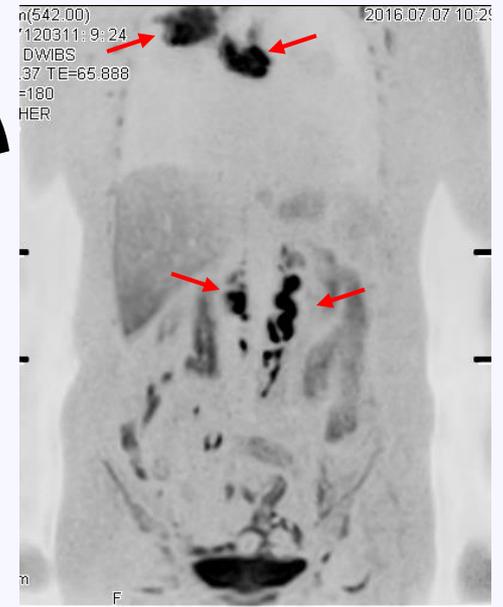
STIR

in phase

opposed phase



追加撮像



肺癌からの多発転移

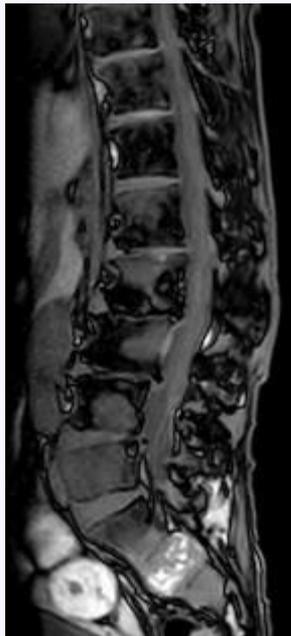
腰部脊柱管 狭窄症疑い



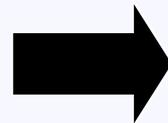
STIR



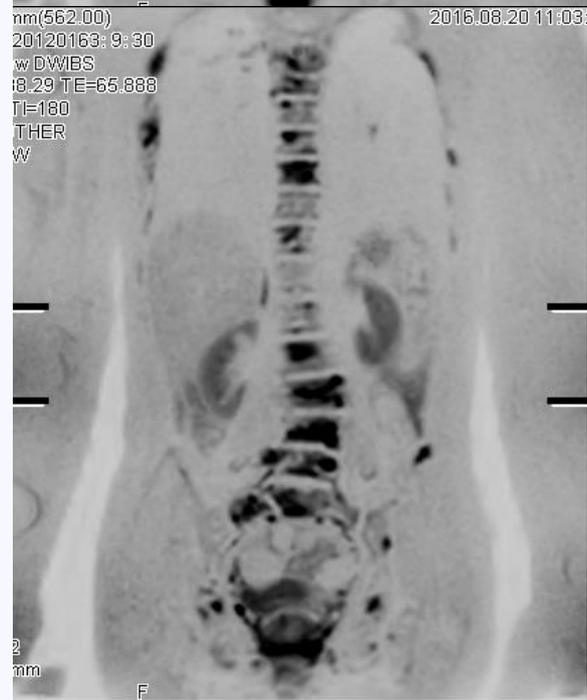
in phase



opposed
phase



追加撮像



肺癌からの多発転移

WBMプロトコール(悪性腫瘍)

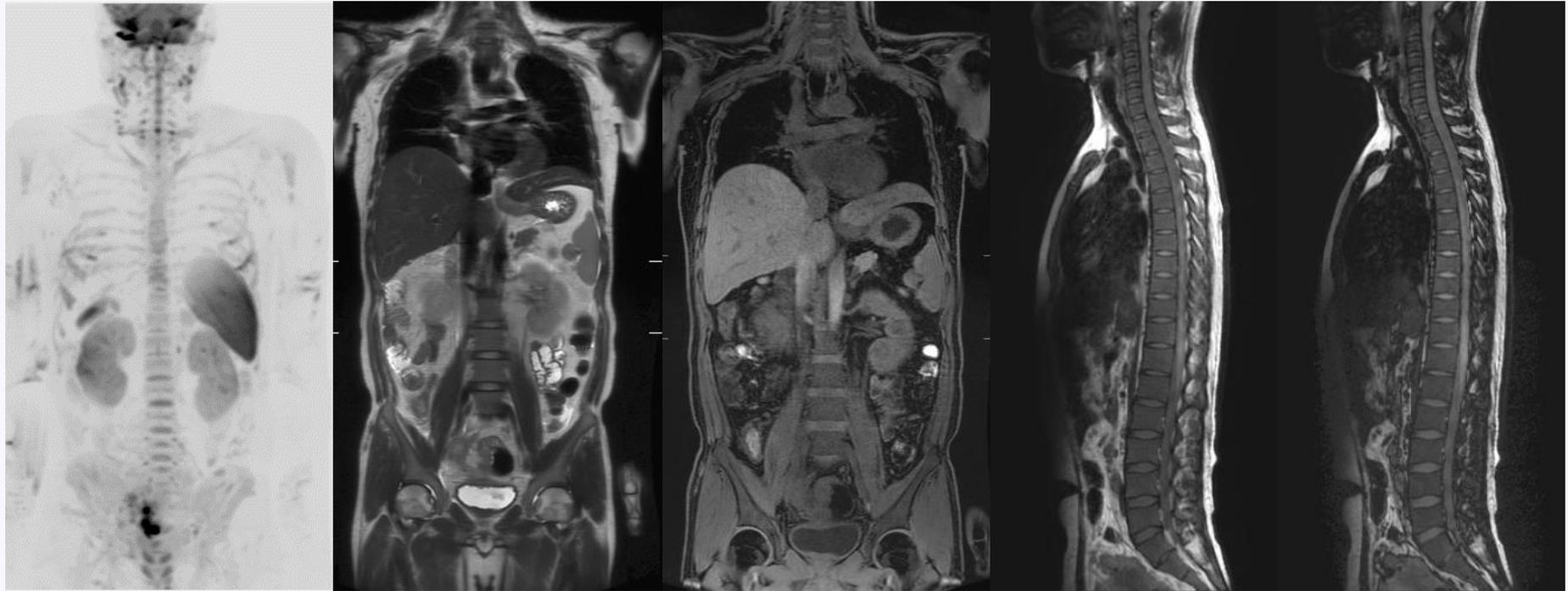
| | | | | | |
|--------------|-----------|---------------------|---------------------|---|--|
| 患者 セッティング | Localizer | DWIBS (3station) | SSFSE (2station) | LAVA-Flex Cor (2station) Water, in, out | LAVA-Flex Sag (2station) in, out |
|--------------|-----------|---------------------|---------------------|---|--|

7min42sec

2min08sec

48sec

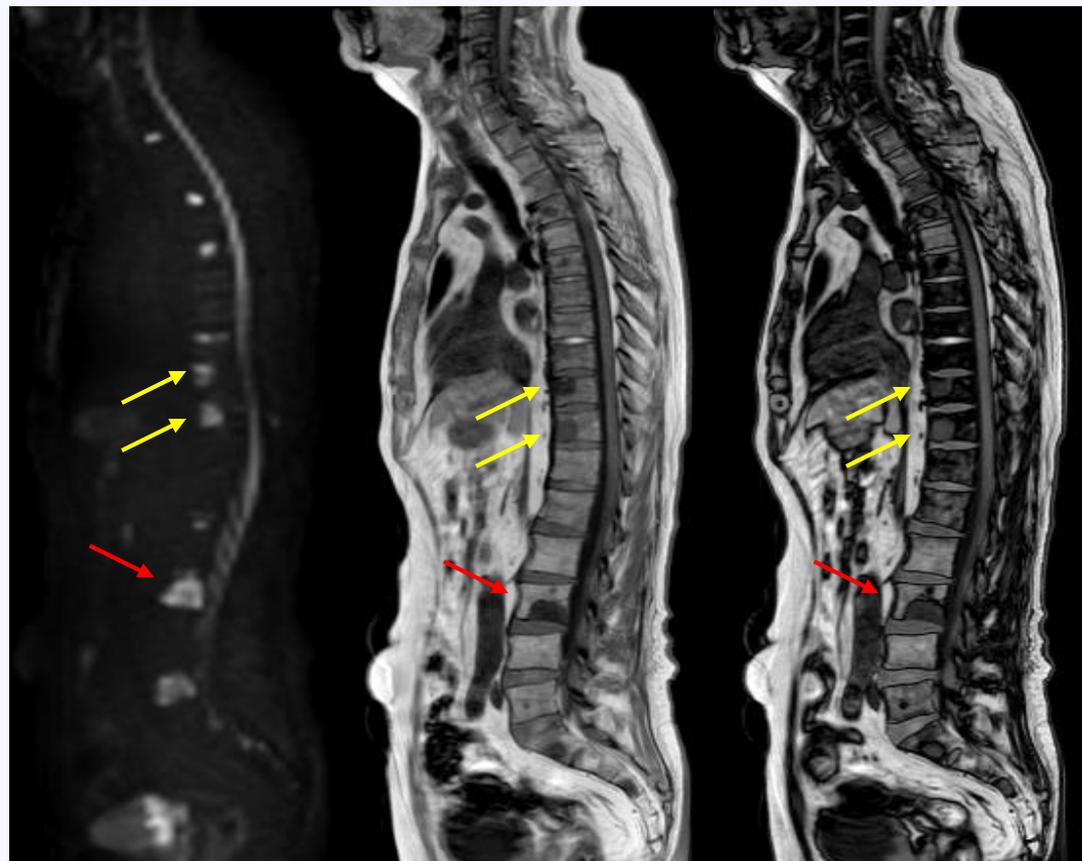
38sec



Total scan time : 11min16sec

Chemical shift imageによる骨転移の診断

| | In phase | opposed phase |
|-----|---|---|
| 脂肪髄 |  |  |
| 赤色髄 |  |  |
| 骨転移 |  |  |

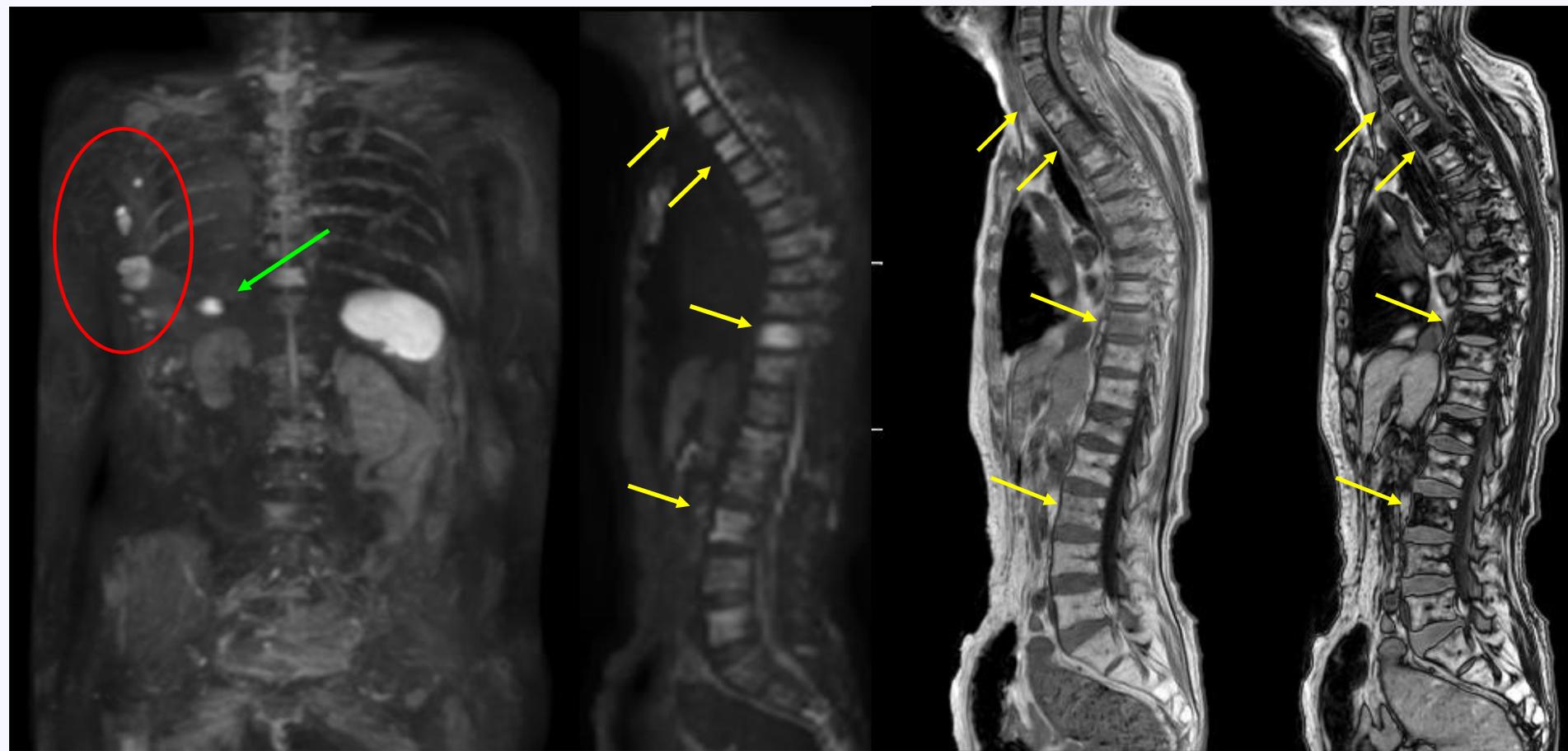


DWIBS

In phase

Opposed phase

乳癌骨転移疑い



DWIBS MIP

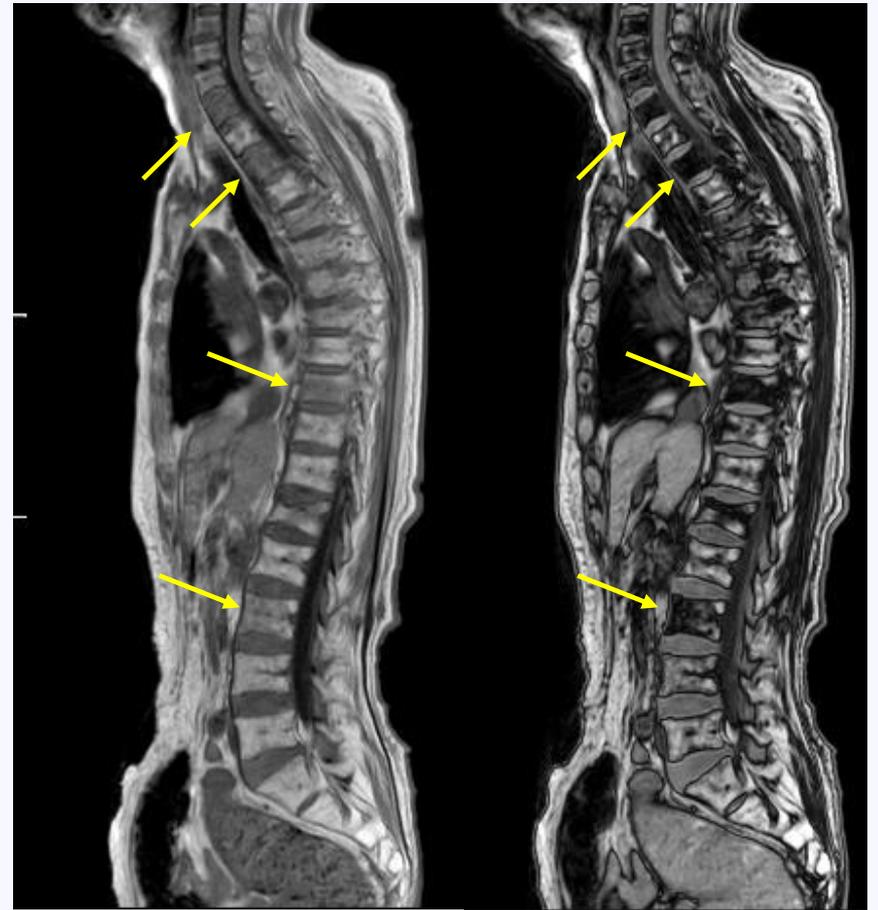
DWIBS Sag reformat

In-phase

opposed-phase

赤色髓

| | In phase | opposed phase |
|-----|--|--|
| 脂肪髓 |  |  |
| 赤色髓 |  |  |
| 骨転移 |  |  |



In-phase

opposed-phase

高画質なDWIを得るには

✓ 少ない歪み

✓ 良好な脂肪抑制

RF磁場の不均一, ケミカルシフトの増加,
磁化率アーチファクトの増加により, 1.5Tと
比べて3.0TのDWIは非常に困難である.

SIGNA ArchitectのDWI関連技術

✓ real time center frequency

スライス毎に中心周波数を調整する機能

✓ reFINE

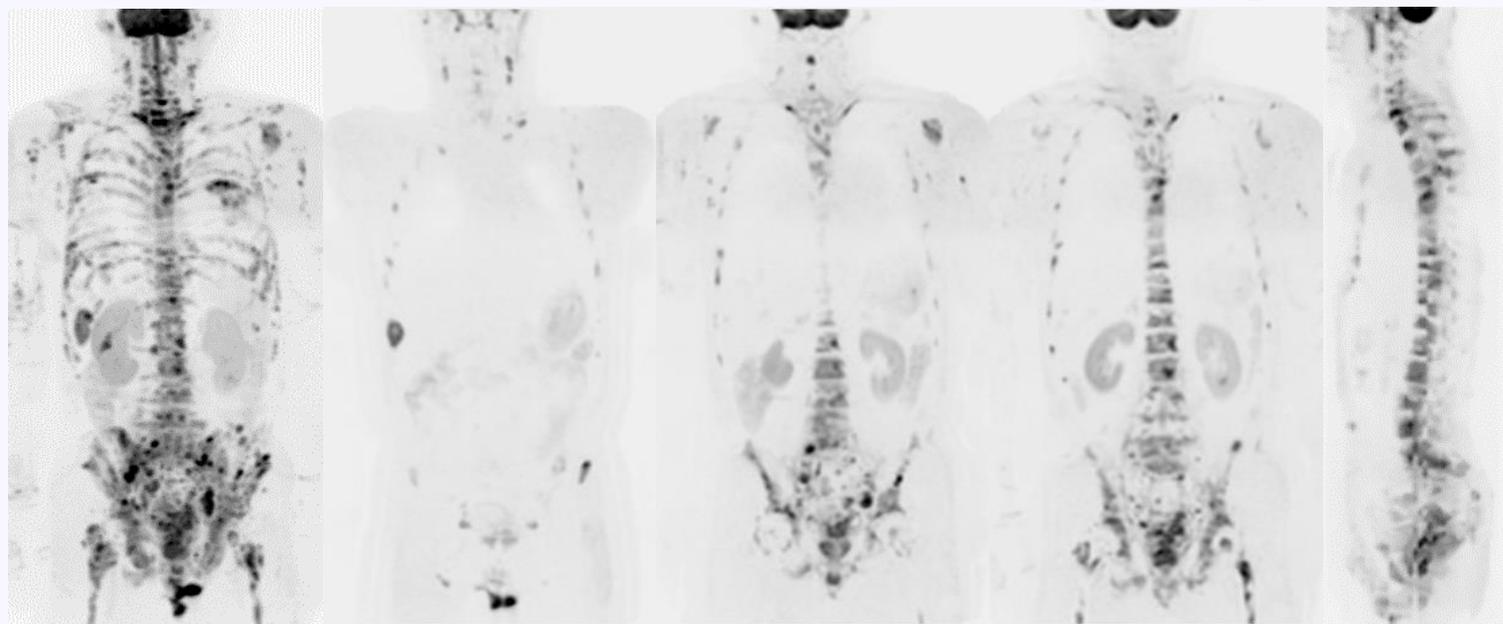
画像均一性を向上させる新しい画像補正アルゴリズム

✓ SSGR

90° パルスと180° パルスの極性を逆にかける

DWIBSではASSETとphase FOV, reFINEとSSGRという新旧の技術の組み合わせにより歪みと脂肪抑制ムラのない画像を容易に取得できる。

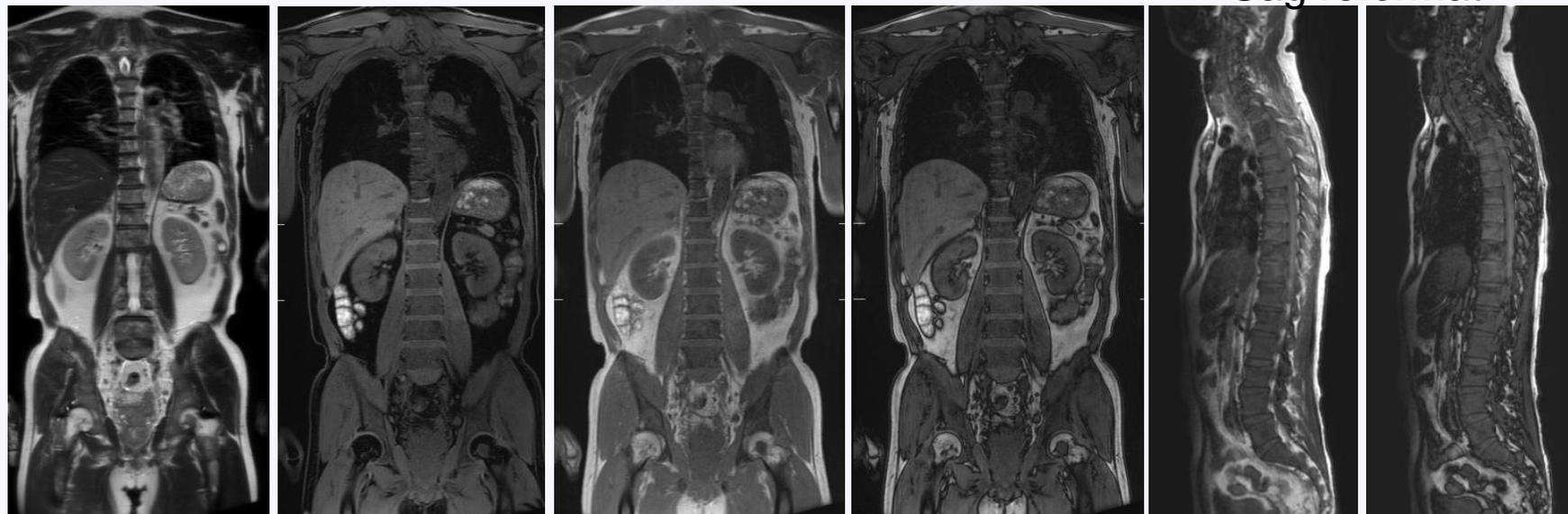
前立腺癌多発骨転移



MIP

Cor reformat

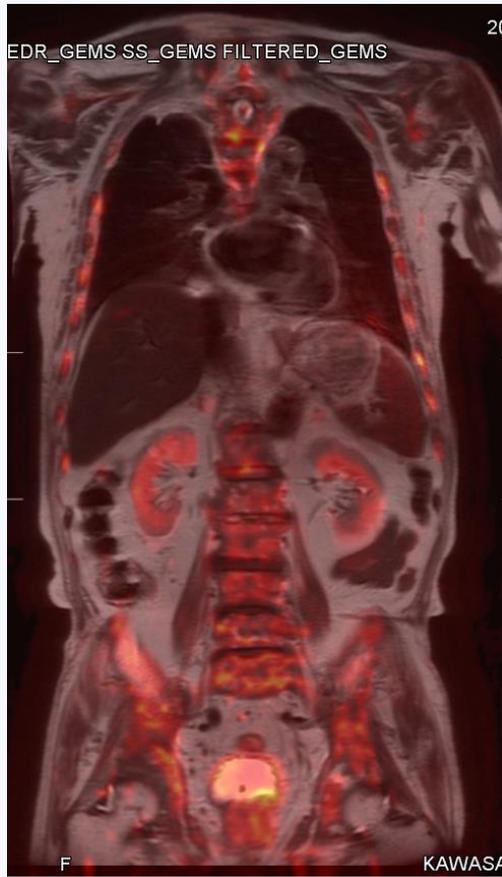
Sag reformat



前立腺癌多発骨転移



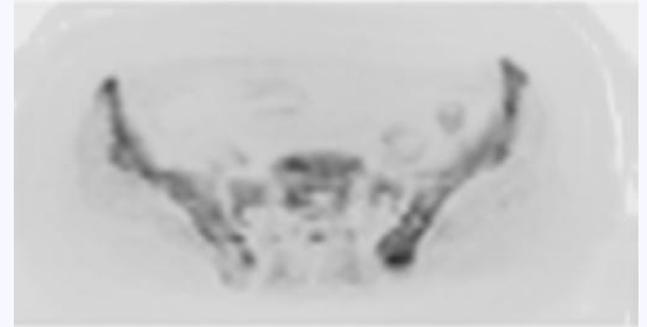
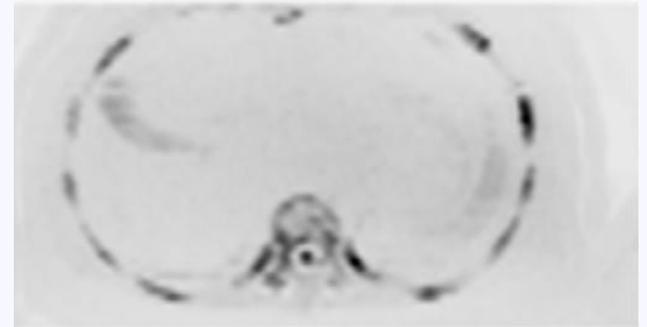
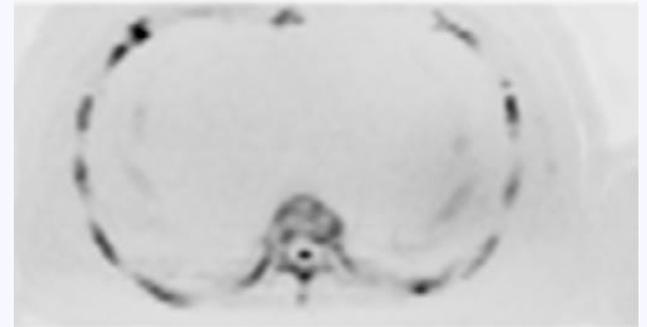
MIP



FUSION



MIP



Ax reformat

本日の内容

- ✓ 骨転移の基礎知識
- ✓ MRIにおける骨転移診断
- ✓ 他モダリティとの比較

PETとの比較

骨転移診療ガイドライン

編集 日本臨床腫瘍学会



協力学会 日本整形外科学会
日本泌尿器科学会
日本放射線腫瘍学会

Bone Metastasis

南江堂

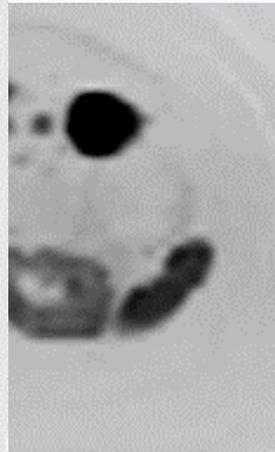
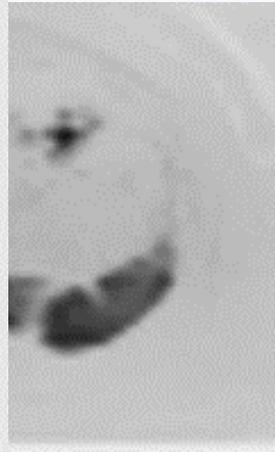
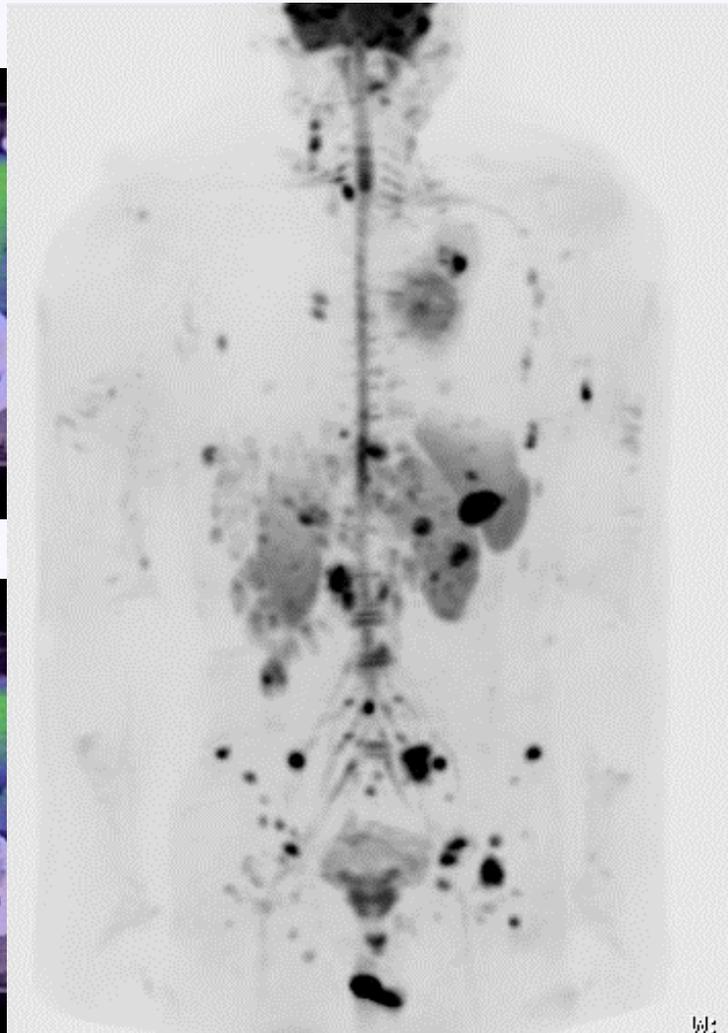
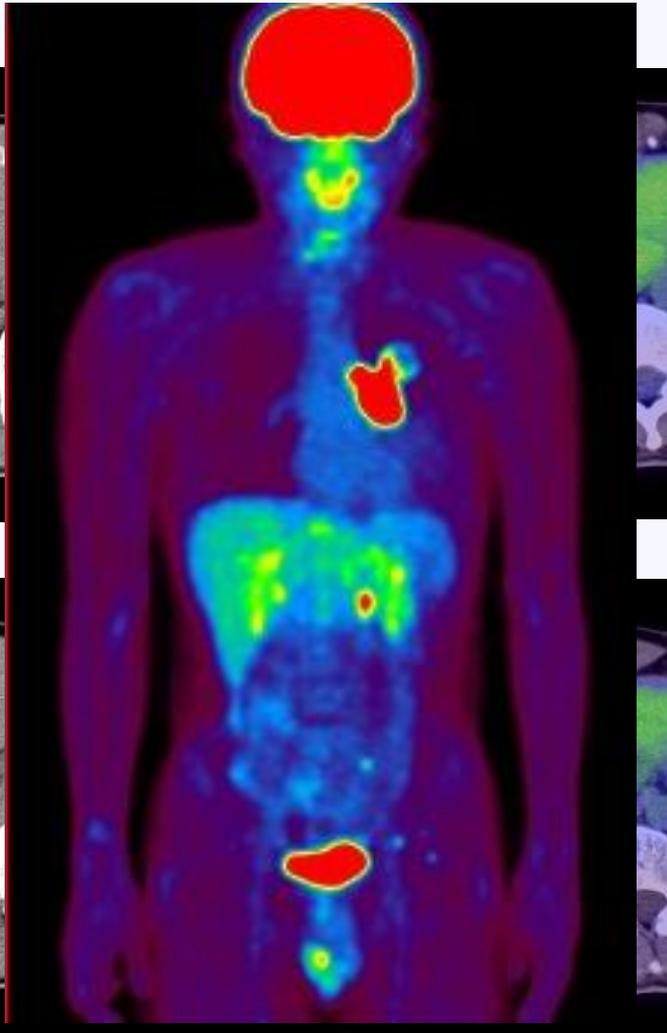
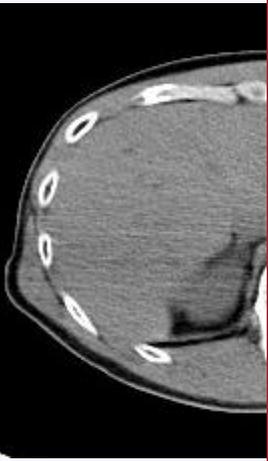
^{18}F -FDG-PET (PET/CT を含む) は骨シンチグラフィーと比較して高い感度と特異度で検出可能であることを報告した研究が多い。 ^{18}F -FDG-PET の 19 論文と PET/CT の 7 論文を含めたメタ解析では、感度 90%、特異度 97%であった⁶¹⁾。ただし、これらの報告ではがん腫全体の骨転移に関する検討は少なく、乳がん、肺がん、前立腺がんの高リスク患者を対象にした検討が多い。したがって、少なくとも高リスクの症例を対象とした骨転移診断に ^{18}F -FDG-PET/CT を用いることが推奨される。特に乳がんにおいては The National Comprehensive Cancer Network (NCCN) ガイドラインで局所進行乳がん、病期Ⅲ期以上、他の画像検査にて転移の有無が不明確な症例について ^{18}F -FDG-PET/CT を推奨している⁶⁷⁾。また、 ^{18}F -FDG-PET は骨シンチグラフィーと比較して溶骨性転移で正診度が高く、造骨性転移で低いと報告されているが、CT 情報の追加により造骨性転移の骨硬化病変を検出しやすく成績が向上するとされている⁶⁸⁾。

MRI は機器の進歩により体幹部全身撮影が可能な装置も誕生している。MRI は骨転移局所の診断だけでなく全身検索目的にも使用されている。MRI は骨シンチグラフィーと比較して高い感度と特異度で骨転移を検出可能である⁶⁶⁾。 ^{18}F -FDG-PET/CT と比較した場合は、局所型あるいは全身型 MRI や撮像方法によって報告にばらつきがみられるが、全身型ではほぼ同等の検査精度である⁶¹⁾。ただし、MRI は被曝がない利点を有する。局所型、全身型、造影/非造影、拡散強調画像併用/非併用を含めた 15 論文のメタ解析では、感度 91%、特異度 95%であった⁶⁶⁾。また、全身型 MRI のみの 11 論文のメタ解析では、感度 90%、特異度 92%であり、拡散強調画像を併用すると特異度は 96%に向上した⁶⁹⁾。したがって、少なくとも拡散強調画像を併用した全身型 MRI を用いることが推奨される。ただし、全身型 MRI は現状では一部の装置でしか撮影できない。画像検査上の特殊な腫瘍型として、甲状腺がんでは骨シンチグラフィーと比較して ^{131}I -SPECT あるいは ^{18}F -FDG-PET/CT が高正診度を示す⁶⁹⁾。褐色細胞腫・傍神経節腫、あるいは神経芽細胞腫では、骨シンチグラフィーと比較して ^{123}I meta-iodo-benzyl-guanidine (^{123}I -MIBG) SPECT、 ^{18}F -FDG-PET (PET/CT を含む) が高正診度を示す^{70,71)}と報告されているが、推奨するに十分な科学的根拠に乏しい。

PETとの比較

| | DWIBS | PET-CT |
|-------|---------|---------------------|
| 被曝 | なし | あり |
| 注射 | なし | あり |
| 前処置 | なし | あり (絶食, インスリン制限) |
| 拘束時間 | 約40~50分 | 約3~4時間 |
| 費用 | 約6000円 | 約30000円 |
| 糖尿病患者 | 検査可 | できない場合あり |

メラノーマ多発肝転移



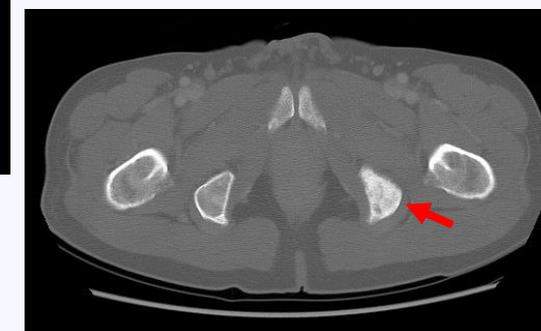
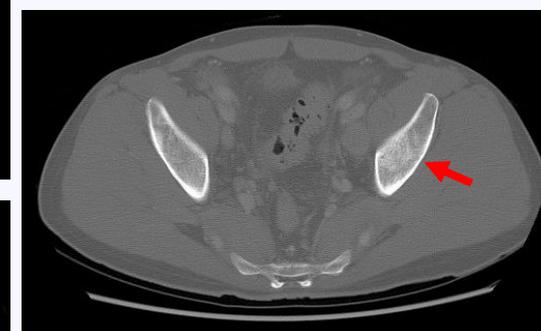
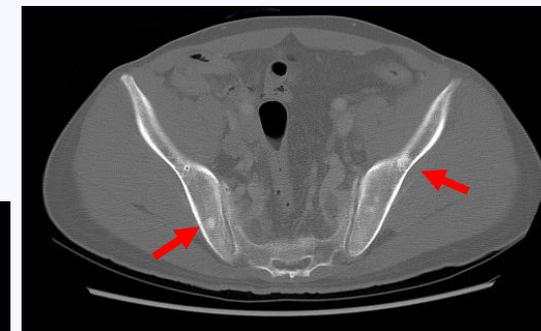
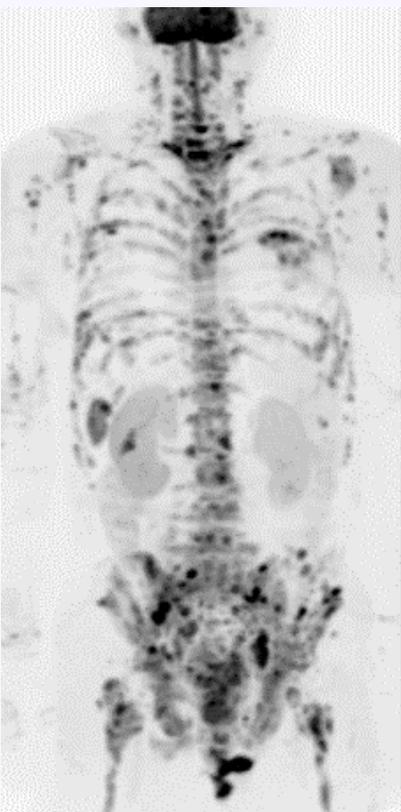
単純CT

PET-CT

単純MRI(Ax reformat)

CTとの比較

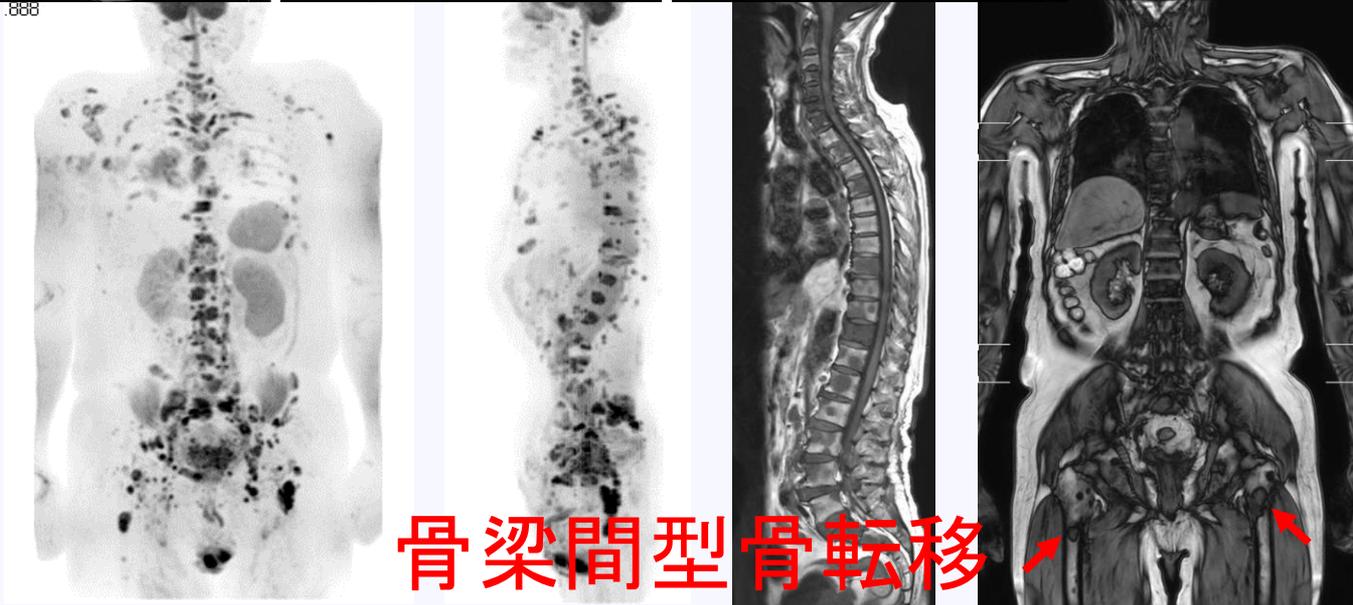
前立腺癌多發骨轉移(造骨性轉移)



前立腺癌轉移檢索

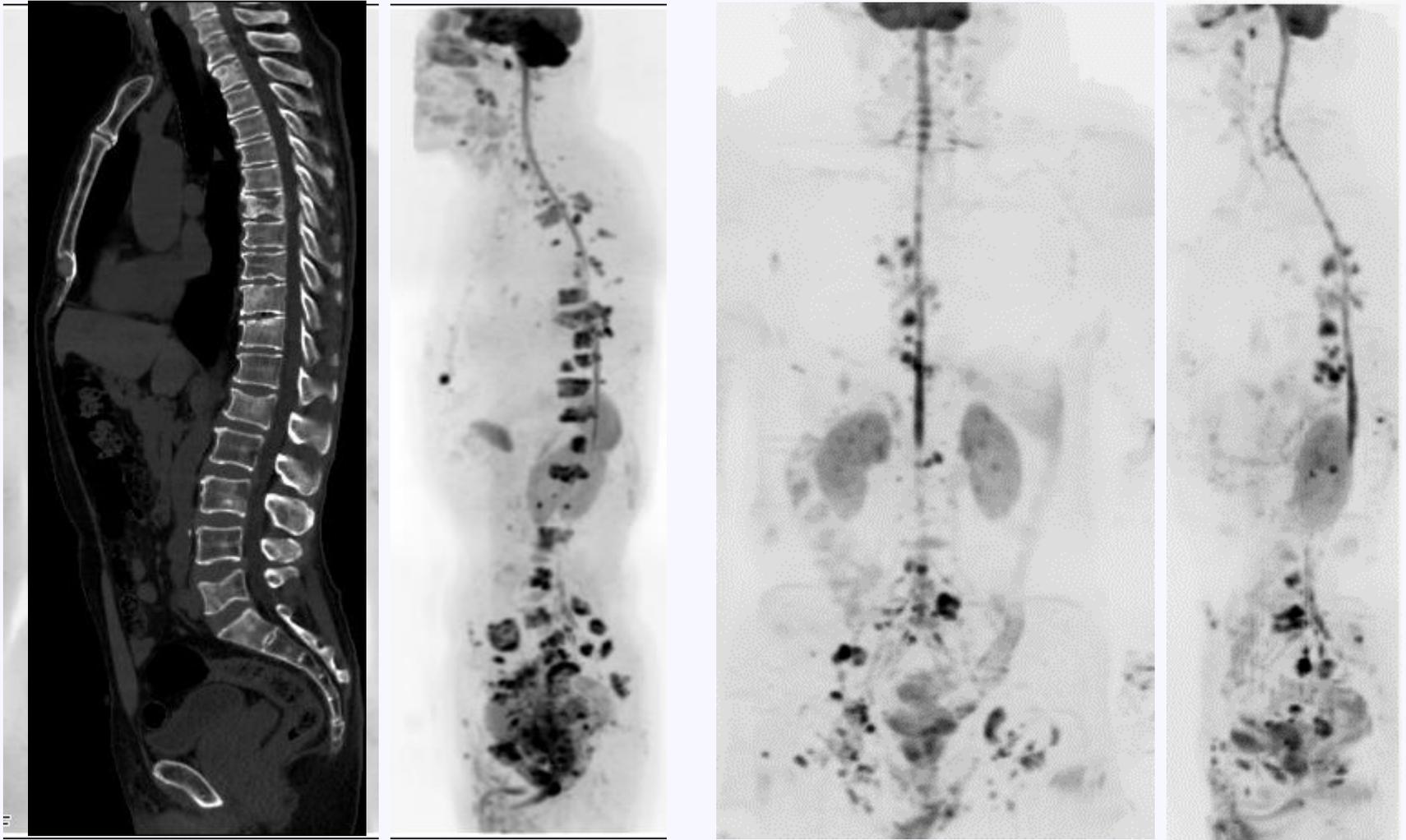


.888



骨梁間型骨轉移

卵巢癌多發轉移治療效果判定



治療前

骨梁間型骨轉移

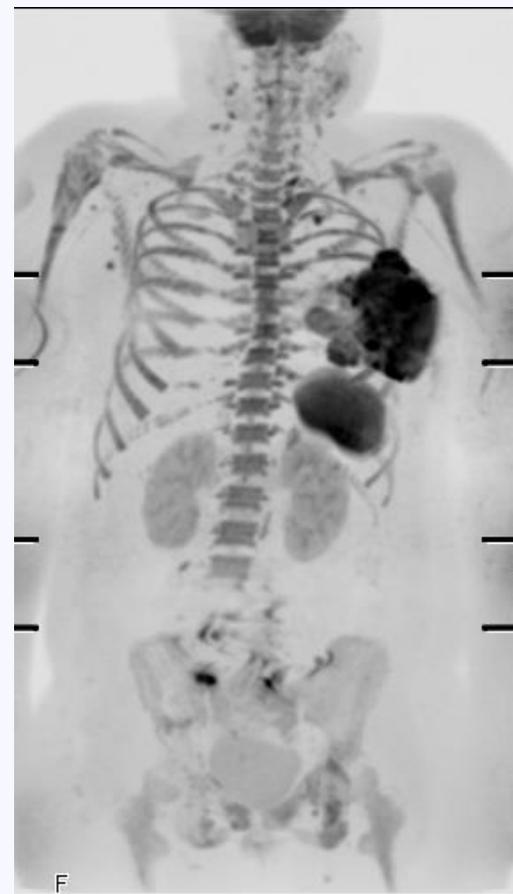
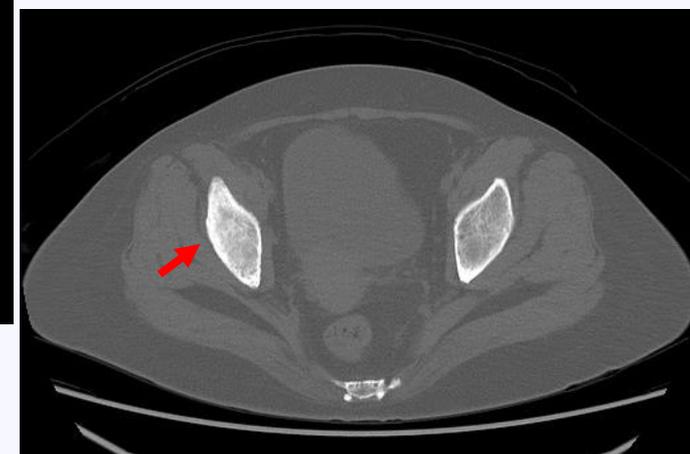
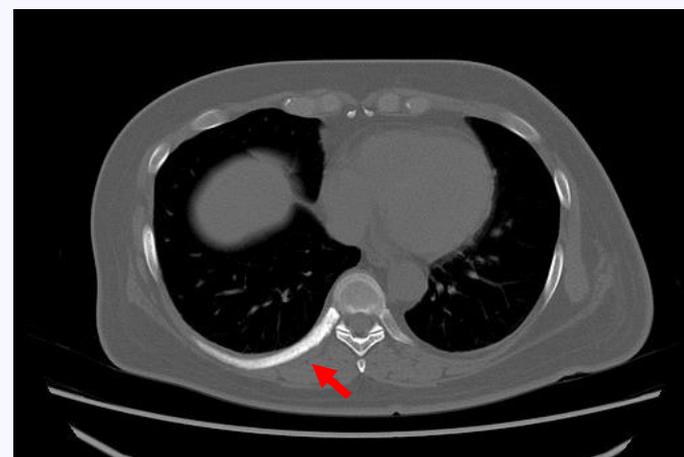
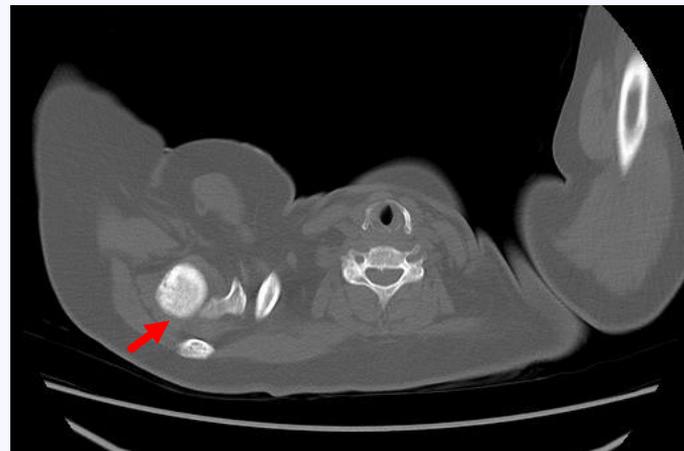
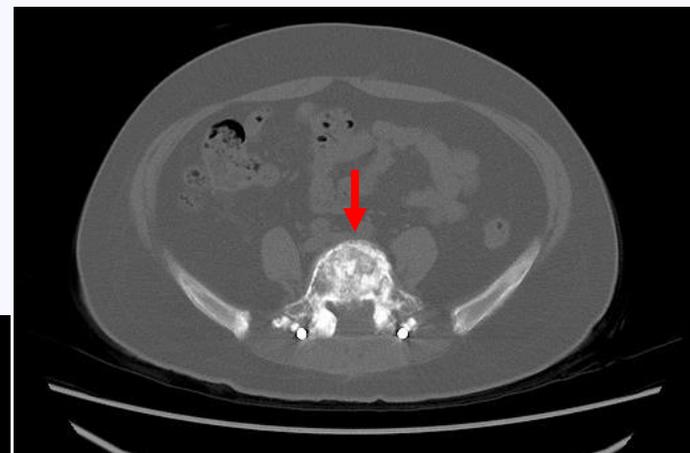
治療後

骨梁間型骨転移

- ✓ 正常な骨梁の破壊なし
- ✓ 骨梁間の骨髄を癌細胞が置換
- ✓ 脊椎転移の約37%
- ✓ 肺小細胞癌, 肝癌, 乳癌, 腎癌
- ✓ CTや骨シンチでは描出されないが,
MRIでは描出可能

乳癌

多発骨転移疑い



Flare現象

Flare現象

骨転移は治療が奏功すると、辺縁部より骨硬化を生じる。よって、治療が奏功してできた骨硬化は腫瘍活性がないため、DWIでは高信号とならない（治癒している）。

しかし、骨シンチでは造骨を捕えているので一過性に集積が増加し、偽陽性を呈することがある。この現象のことを**Flare現象**と呼ぶ。

Flare現象による偽陽性

造骨性転移
溶骨性転移

治療が奏功⇒辺縁部より骨硬化

治療開始

テクネチウム集積⇒腫瘍活性がある
造骨性転移と誤診 **偽陽性!!**

CTで骨硬化像⇒腫瘍活性がある
造骨性転移と誤診 **偽陽性!!**



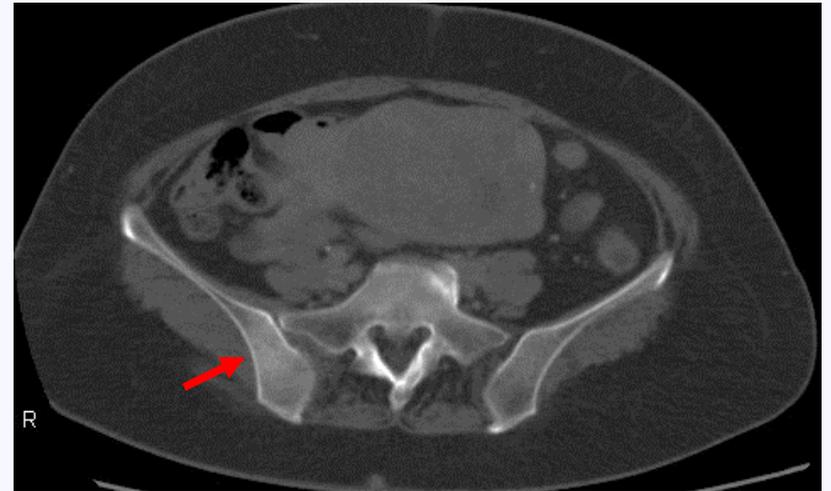
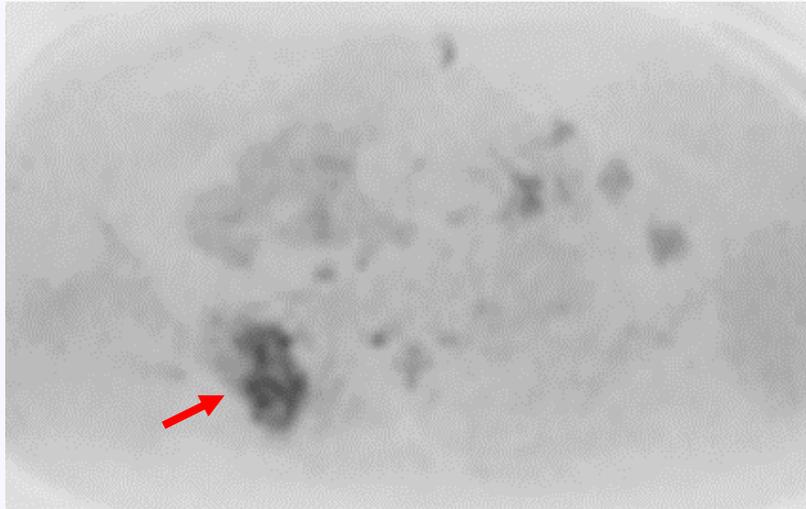
DWIでは異常信号あり **陽性!!**

DWIでは異常信号なし **陽性!!**

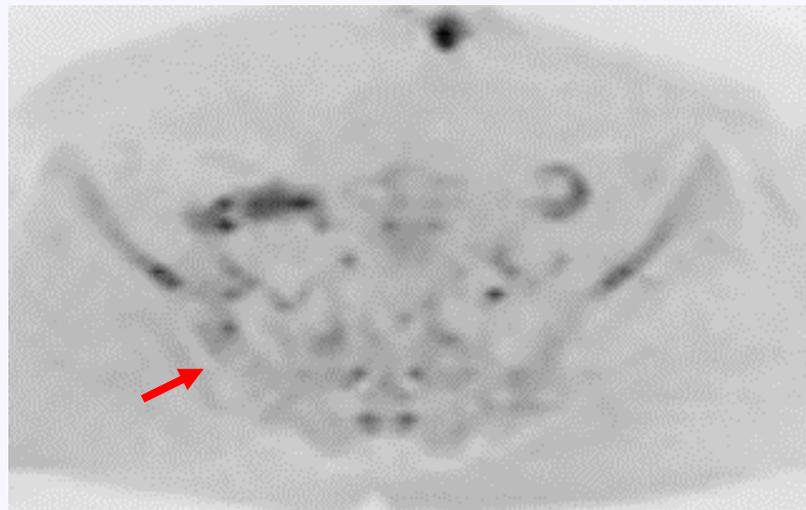
⇒造骨性転移はDWIで拾い
上げられないと誤解

卵巢癌 Flare現象

治療前



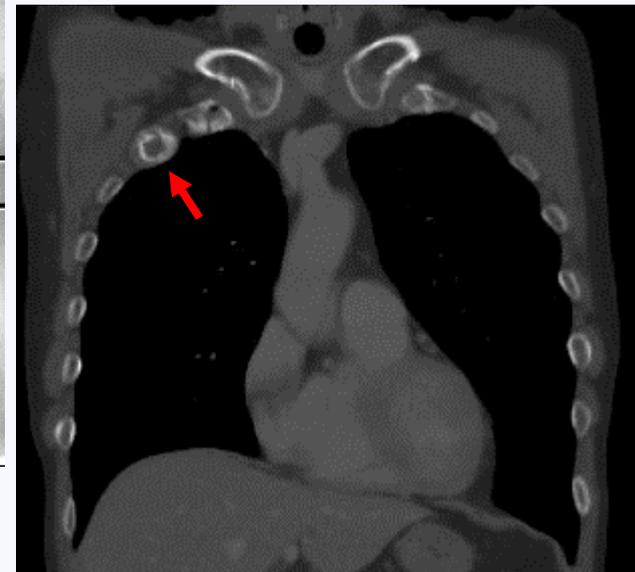
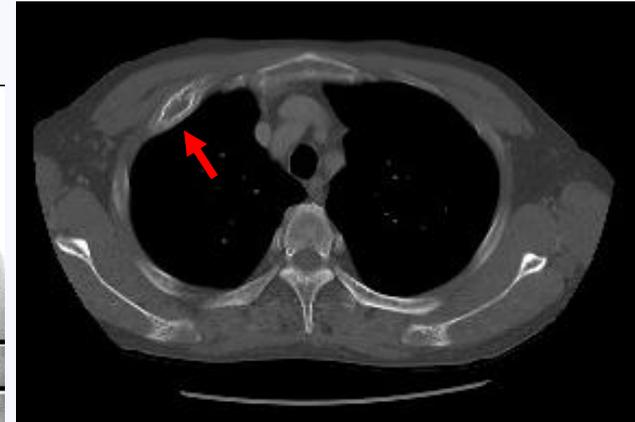
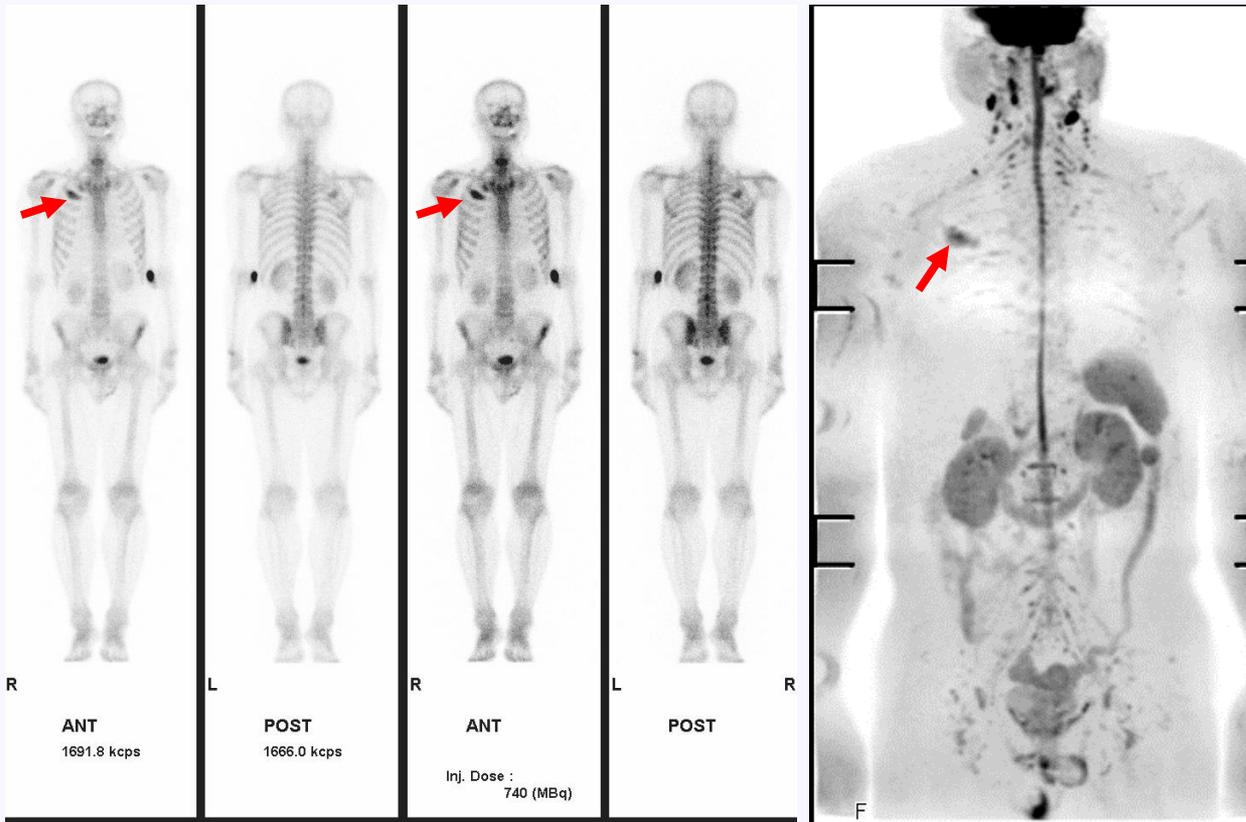
治療後



DWIBS Ax reformat

骨シンチとの比較

右第二肋骨骨轉移？



Fibrous dysplasia

Fibrous Dysplasia

- ✓ 線維性骨異形成症
- ✓ 腫瘍というより線維増殖を伴う骨形成不全
- ✓ 約7割が単骨性, 約3割が多骨性
- ✓ 頭蓋骨, 上顎骨, 下顎骨, 肋骨, 四肢に多い
- ✓ CTでは骨の肥厚とすりガラス状の変化
- ✓ MRIではT2WIにて低信号の中に等～高信号
- ✓ 骨シンチでは高集積

Take-home messages

- ✓ 骨転移の多い乳癌, 前立腺癌が増加傾向にある
- ✓ 骨梁間型骨転移はCT, 骨シンチで指摘困難だが, MRIで容易に指摘できる
- ✓ DWIはFlare現象に影響を受けない
- ✓ 治療開始前のDWIBSが有用である
- ✓ DWIBSでは上腕骨転移も検索可能
- ✓ DWIBSでは少ない画像データで容易に指摘可能
- ✓ 赤色髄との鑑別にはchemical shift imageが有用
- ✓ Fibrous dysplasiaとの鑑別に要注意

Thank you for Attention

